

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ ПИТАЮЩЕГО  
НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫХОД ИЗ СТРОЯ АСИНХРОННЫХ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Новиков Н.А., студент магистратуры, nik.novikov.97@list.ru,  
Ярыгин С.В., студент магистратуры, isergo46@mail.ru,  
Дроздов А.И., студент магистратуры,  
Сафронов Р.И., кандидат техн. наук, доцент, russafronov@yandex.ru  
ФГБОУ ВО Курская ГСХА, Россия

*Аннотация.* Изучены причины возникновения несимметричных режимов работы в электрических сетях, а также защита электродвигателей от несимметричных режимов работы: защита от замыканий на землю, защита от двойных замыканий на землю, защита от перегрузки.

*Ключевые слова:* асинхронный электродвигатель, несимметричные режимы работы, защита электродвигателей.

**Введение.** Несимметрия питающего напряжения отрицательно влияет на рабочие характеристики и технико-экономические показатели вращающихся электрических машин. Из-за действия токов двойной частоты в электрической машине появляется тормозной электромагнитный момент и дополнительный нагрев ротора, приводящий к снижению ресурса изоляции. При несимметрии напряжения в асинхронных электродвигателях появляются дополнительные потери в статоре.

Суммарный ущерб, вызываемый несимметрией в электрических сетях, включает стоимость дополнительных потерь электрической энергии, увеличение затрат на модернизацию от капитальных затрат, технологический ущерб, ущерб, вызванный снижением светового потока от осветительных установок, подключенных к фазам с пониженным напряжением, и снижением срока службы ламп, подключенных к фазам с повышенным напряжением, ущерб из-за снижения компенсации реактивной мощности, генерируемой конденсаторными батареями и синхронными электрическими машинами.

**Цель.** Рассмотреть влияние несимметрии питающего напряжения на работу асинхронного электропривода и его надежность.

**Материал и методика исследования.** Проведен анализ и синтез влияния несимметрии питающего напряжения на надежность работы асинхронных электродвигателей.

**Результаты исследования.** Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором рассчитаны на срок службы от 10 до 15 лет при их эксплуатации в номинальном режиме в соответствии с паспортными данными электродвигателя.

Однако на практике асинхронные электродвигатели эксплуатируются в условиях отличных от номинальных. На работу электрических двигателей большое влияние оказывают: качество питающего напряжения, перегрузки различного рода, условия окружающей среды, нарушение температурного режима и снижение сопротивления изоляции.

Эксплуатируя электродвигатели в таких условиях могут возникать неисправности, приводящие к перебоям в работе электрооборудования. Для снижения частоты появления таких режимов, необходимо быстро определить причину их появления.

Причинами, вызывающими перегрев обмоток статора, являются следующие:

1. перегрузка рабочей машины;
2. неполнофазный режим работы электродвигателя;
3. долгий запуск;
4. работа электродвигателя при пониженном напряжении;
5. работа при асимметрии питающего напряжения;
6. частые включения - отключения;
7. нарушение режима охлаждения.

Работа асинхронного электродвигателя в режимах 1-6 сопровождается повышением тока во всех или двух фазах.

При нарушении режима охлаждения происходит перегрев как при токах ниже номинального значения.

Пробой изоляции из-за ее увлажнения возникает при неблагоприятном воздействии окружающей среды. Так же возможен пробой изоляции на корпус и межвитковые замыкания. В

первом случае поломка происходит с появлением потенциала на корпусе, что является опасным фактором для безопасности персонала с точки зрения электрической безопасности.

Самыми неблагоприятными условиями эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве является его работа в животноводческих и птицеводческих помещениях, где повышена относительная влажность воздуха и повышенная концентрация паров аммиака, что значительно сокращает срок его службы. В следствии чего снижается сопротивление изоляции, и повышается вероятность её пробоя. На долю вышедших из строя электродвигателей по причине пробоя изоляции приходится порядка 16-20%.

Превышение допустимой нагрузки и несимметрия питающего напряжения так же являются одними из основных причин выхода из строя асинхронных электродвигателей. Сельским электрическим сетям присуща однофазная несимметрия, так как они характеризуются наличием однофазных потребителей. Основная причина её возникновения - это неравномерное распределение по питающим фазам однофазных потребителей, мощность которых порой соизмерима с трёхфазной нагрузкой. Для сельских электрических сетей характерна их большая протяжённость и частый механический обрыв проводов, что также приводит к несимметричному режиму работы питающей сети.

Самой частой причиной поломки асинхронных электродвигателей является выход из строя обмотки статора. Для электродвигателей, работающих в сельском хозяйстве данный вид неисправности, составляет до 65% от общего числа, из них на обрыв фазы и несимметричные режимы работы приходится до 36%, на различные виды перегрузки - 28% и 5% на другие виды повреждений (рисунок 1).

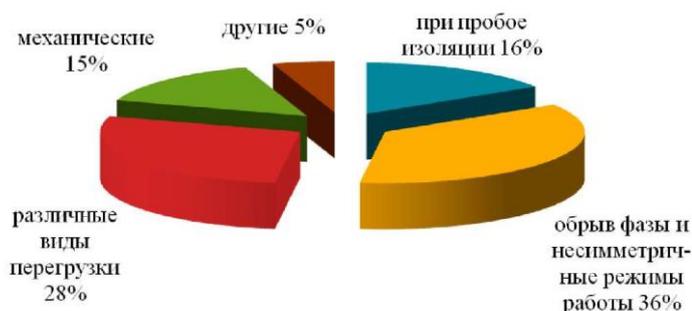


Рисунок 1 - Причины выхода их строя асинхронных электродвигателей

При обрыве статорной обмотки в статоре не создается вращающееся магнитное поле. Если во время работы асинхронного электродвигателя происходит обрыв обмотки, то он может продолжать работать с номинальным вращающим моментом на валу, при сниженной частоте вращения вала ротора, при этом сила тока настолько возрастает, что при отсутствии максимальной токовой защиты обмотка статора может сгореть.

При несимметричных режимах работы начинают появляться составляющие тока и напряжения нулевой и обратной последовательностей. Поэтому встает вопрос о необходимости использования устройств фильтровой защиты. Наиболее распространённым и эффективным видом защиты являются аппараты с фильтрами напряжения нулевой и обратной последовательности.

Недостатком защиты с фильтрами напряжения нулевой последовательности является их нечувствительность к обрывам фаз в сетях с напряжением от 10 до 35 кВ.

Защиты с фильтрами напряжения обратной последовательности реагируют на данные аварийные режимы. Их основным недостатком является нечувствительность к несимметрии питающего напряжения за местом подключения аппарата защиты.

При соединении обмоток в треугольник и обрыве одной из фаз электродвигатель начинает вращаться, так как его обмотки окажутся соединенными в открытый треугольник, при этом будет образовываться вращающееся магнитное поле и сила тока в фазах будет неравномерной, а скорость вращения ниже номинального значения. При данной неисправности ток в одной из фаз при номинальной нагрузке двигателя будет в 1,73 раза больше, чем в двух других.

Равномерный нагрев всего двигателя, превышающий допустимые значения, может произойти в результате длительной перегрузки и нарушения условий охлаждения. Чрезмерный нагрев электродвигателя вызывает преждевременный износ изоляции обмоток.

**Вывод.** Несимметричный режим работы питающей сети является основной причиной, влияющей на выход из строя асинхронных электрических двигателей в сельском хозяйстве (до 36%), продление их

срока службы возможно за счёт модернизации и совершенствования устаревших и разработки новых устройств защиты.

#### Список использованных источников

1. Емельянов С.Г., Кобелев Н.С., Алябьева Т.В., Серебровский В.И., Серебровский В.В., Гнездилова Ю.П., Сафронов Р.И. Устройство управления подъемно-копающими механизмами // Патент на полезную модель RU 126719 U1, 10.04.2013. Заявка № 2011140030/03 от 30.09.2011.
2. Санитарно-бытовое обслуживание, организация труда и отдыха работников на строительных площадках / М.В. Томаков, В.И. Томаков, Р.И. Сафронов и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2014. - № 3 (54). - С. 69-76.
3. Сафронов Р.И., Хомяков Д.С. Проблема и специфика электроснабжения сельского хозяйства // В кн.: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК: материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - 2019. - С. 406-409.
4. Гнездилова Ю.П., Жданов С.И., Калущкий Е.С. Особенности применения электропривода в сельском хозяйстве // В кн.: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве: материалы Международной научно-практической конференции. - Курск, 2015. - С. 37-38.
5. Способ переразмещения подпрограмм в отказоустойчивых мультимедийных компьютерах / Д.Б. Борзов, Ю.П. Гнездилова, Д.В. Колмыков, О.В. Воробьева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 1. - С. 135-137.
6. Выявление циклов в телах последовательных линейных программ / Д.Б. Борзов, Ю.П. Гнездилова, Д.В. Колмыков и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. - № 1. - С. 137-140.

#### EFFECT OF SUPPLY VOLTAGE UNBALANCE ON FAILURE OF ASYNCHRONOUS ELECTROMOTORS'

Safronov R.I., Novikov N.A., Yarygin S.V., Drozdov A.I.

*Abstract.* The causes of unbalanced modes of operation in electric networks, as well as the protection of electric motors from unbalanced modes of operation: protection against earth faults, protection against double earth faults, overload protection is studied.

*Key words:* asynchronous electric motor, asymmetric operating modes, protection of electric motors.